

ภาคผนวก ค.

การทดลองที่ 1 การศึกษาค่าความชื้นของหมากสดและหมากแห้ง

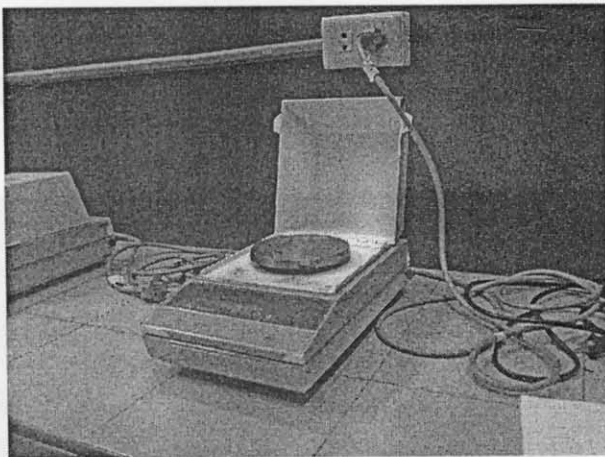
วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความชื้นของเนื้อหมากสด เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบระบบอบแห้ง
วัสดุและอุปกรณ์

1. เนื้อหมากที่ผ่านการปอกเปลือก จำนวน 6 ลูก
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง OHAUS (Model GT410 Capacity 410g.)
3. ตู้อบลมร้อน
4. ภาชนะใส่(ถาด)
5. ที่คีบ

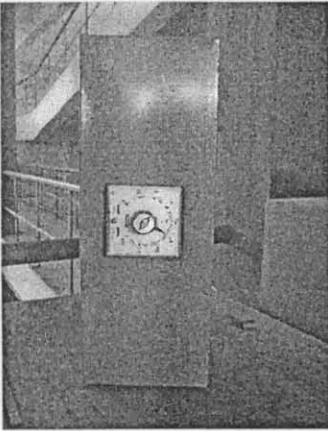
วิธีการทดลอง

1. นำถาดที่สำหรับใส่หมากมาทำการชั่งด้วยเครื่องชั่งที่เตรียมไว้แล้ว ดังรูปที่ ค.1 และจดบันทึกน้ำหนักในตาราง
2. นำเนื้อหมากที่ปอกเปลือกเรียบร้อยแล้วใส่ในถาด -และชั่งน้ำหนักของเนื้อหมากเริ่มต้นและบันทึกผล โดยใส่เนื้อหมาก 1 ลูกต่อ 1 ถาด

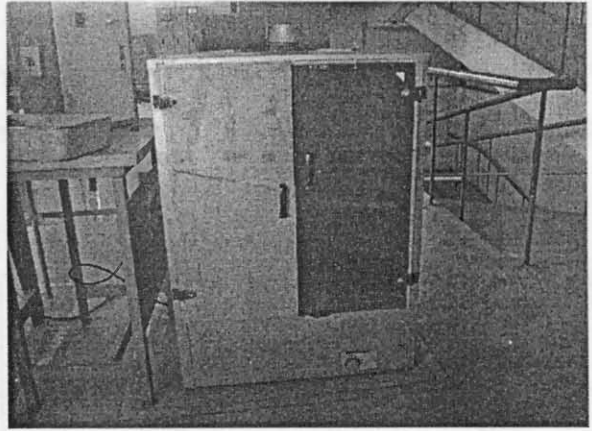


รูปที่ ค.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3. ทำเหมือนข้อ 1 และข้อ 2 อีก 5 ตัวอย่าง ซึ่งจะได้ตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่างด้วยกัน
4. ทำการตั้งอุณหภูมิของตู้อบไปที่ 130 °C ทิ้งไว้จนอุณหภูมิได้ที่ และนำภาชนะที่มีเนื้อหมากอยู่ที่เตรียมไว้ใส่ในตู้อบ(ตัวปรับอุณหภูมิและตู้อบ ดังรูปที่ ค.2)โดยใช้ที่คีบ



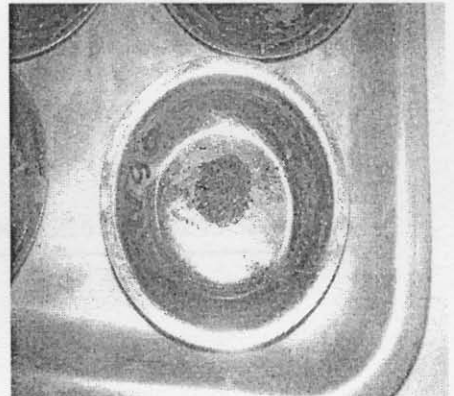
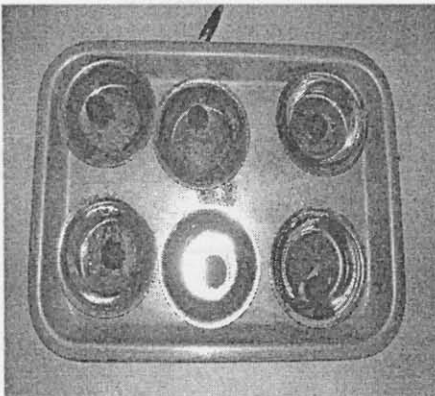
ตัวปรับอุณหภูมิ



ตู้อบ

รูปที่ ค.2 ตัวปรับอุณหภูมิของตู้อบและตู้อบ

5. ทำการอบเนื้อหมากเป็นเวลา 1.5 ชม. จากนั้นนำภาชนะออกจากตู้อบ
6. ทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที เพื่อให้เนื้อหมากเย็นตัวดังรูปที่ ค.3
7. ทำการชั่งเนื้อหมากที่เย็นตัวแล้วพร้อมภาชนะและบันทึกผล
8. บันทึกผลที่ได้และสรุปผลการทดลอง



รูปที่ ค.3 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแล้ว

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองอบเนื้อหมากจำนวน 6 ชิ้น ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 1.5 ชม.แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น พบว่าน้ำหนักของเนื้อหมากที่ผ่านการอบ จะมีน้ำหนักลดลงประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักหมากก่อนผ่านการอบ สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักของเนื้อหมากที่เวลาต่างๆ

ตัวอย่างที่	น้ำหนักเนื้อหมากก่อนอบ (g)	น้ำหนักเนื้อหมากหลังอบ (g)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของเนื้อหมาก
1	13.82	3.43	75.18
2	14.49	3.94	72.81
3	9.31	2.87	69.17
4	11.68	3.90	66.61
5	12.98	4.83	62.79
6	10.48	3.83	63.45

ตัวอย่างการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อหมากตามมาตรฐานเปียกสำหรับชิ้นงานที่ 1

$$\begin{aligned}
 M_w &= (0.01382 - 0.00343) / 0.01382 \\
 &= 0.7518 \\
 &= 75.18 \%
 \end{aligned}$$

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อหมาก

$$\begin{aligned}
 &= \frac{75.18\% + 72.81\% + 69.17\% + 66.61\% + 62.79\% + 63.45\%}{6} \\
 &= 68.34 \%
 \end{aligned}$$

$$C_p = 1.675 + 0.025(0.6834)$$

$$C_p = 1.692 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเนื้อหมากมีความชื้นประมาณ 68.34 % $C_p = 1.692 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

การประยุกต์ใช้ผลการทดลองกับการออกแบบระบบการอบ

จากการทดลองทำให้เราทราบค่าความชื้นเริ่มต้นของหมากสดที่เราจะทำการอบ และนำไปใช้ในการคำนวณและออกแบบระบบอบแห้งหมาก

การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลอุณหภูมิการอบจากลมร้อนที่มีต่อหมากแห้ง

วัตถุประสงค์

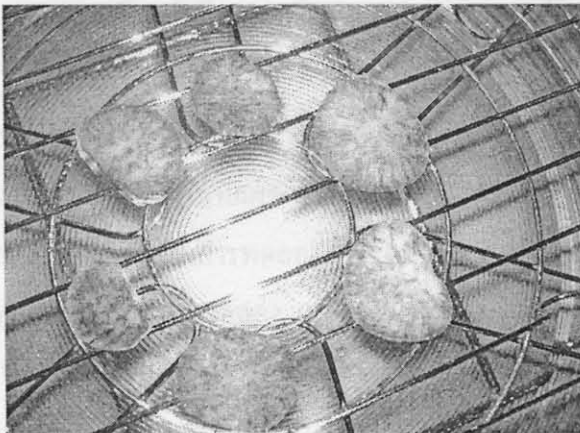
1. เพื่อศึกษาว่าลมร้อนมีผลต่อการอบหมากมากน้อยเพียงใดในค้ำนกายภาพ
2. เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเรื่อยๆเนื้อหมากจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
3. เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบหมากโดยทำให้หมากอยู่ในสภาพที่ห้องตลาดต้องการ

วัสดุอุปกรณ์

1. หมากอายุ 5-6 เดือน
2. เตาอบแบบใช้ลมร้อน 1 เครื่อง
3. เครื่องมีควัดความชื้น 1 เครื่อง
4. มีด 1 อัน
5. เขียง 1 อัน
6. กล้องถ่ายรูป 1 ตัว

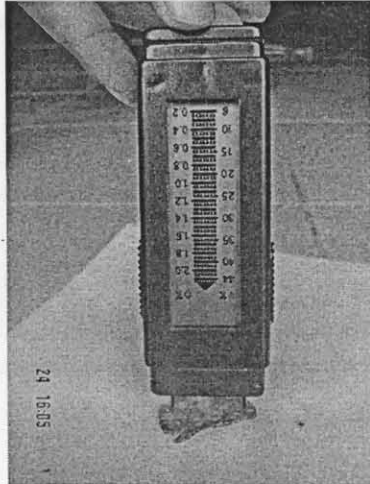
วิธีการทดลอง

1. นำหมากปานกลางที่มีอายุประมาณ 5-6 เดือน มาทำการปอกเปลือกและหั่นเนื้อหมากออกเป็นแผ่นๆให้มีความประมาณ 1-1.5 มม. เท่ากันทุกแผ่น
2. นำหมากที่หั่นเป็นแว่นแล้วมาจัดวางในเตาอบที่ละแผ่น ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 การจัดเรียงหมากในเครื่องอบ

3. ทำการตั้งอุณหภูมิในการอบที่เตาอบไปที่ 65°C และ ตั้งเวลาในการอบไปที่ 60 นาที (นาฬิกาในการอบจะเดินถอยหลัง)
4. ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของหมากทุกๆ 10 นาที โดยนำหมากในเตาอบออกมา ทำการวัดความชื้น คั่งรูปที่ ค.5 สังเกตสีที่เปลี่ยนไป ลักษณะความแข็งของเนื้อหมาก และถ่ายรูปประกอบ



รูปที่ ค.5 การวัดความชื้นของหมาก

5. บันทึกผลที่ได้ลงในตารางและสรุปผลการทดลอง
6. จากนั้นทำการทดลองอีกครั้ง โดยเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบเป็น 100 , 150 ,200 และ 250°C
7. ทำการทดลองอบหมากอีกครั้งที่อุณหภูมิ 65, 100 และ 150°C และบันทึกผลการทดลอง
8. จากนั้นทำการเปลี่ยนเป็นการอบด้วยความร้อน โดยไม่ใช่ลมเป่าที่อุณหภูมิ 100°C 150°C และ 200°C และบันทึกผลการทดลอง

หมายเหตุ การทดลองแต่ละอุณหภูมิดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

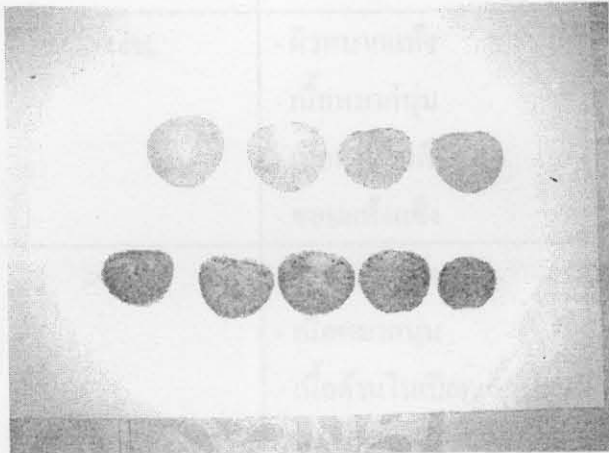
จากการทดลองอบโดยใช้อุณหภูมิต่างๆ ด้วยลมร้อนสามารถบันทึกผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ โดยใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 65°C

จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65°C ที่ ระยะเวลาต่างๆ พบว่า เเปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ ดังตารางที่ ค.2 และ รูปที่ ค.6 สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และตารางที่ ค.3 สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 และ รูปที่ ค.7

ตารางที่ ก.2 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C การทดลองครั้งที่ 1

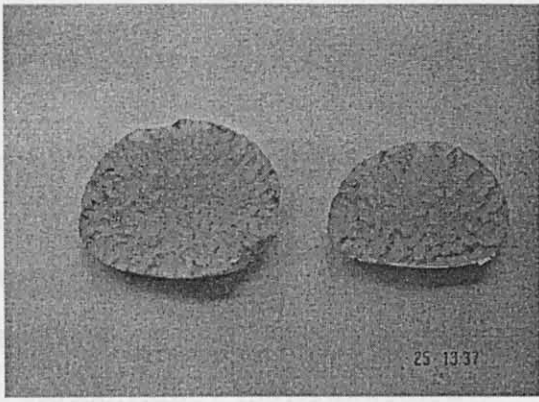
เวลาในการอบ (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
20	> 44 %	- ผิวหมากจะแห้ง แต่เมื่อฉีกเนื้อดู จะมีลักษณะเปียกชื้น	- สีน้ำตาล อ่อน
30	> 44 %	- ผิวหมากจะแห้ง แต่เมื่อฉีกเนื้อดู จะมีลักษณะเปียกชื้นน้อยกว่าที่ เวลา 20 นาที	- สีน้ำตาล
40	> 44 %	- ผิวหมากจะแห้ง แต่เมื่อฉีกเนื้อดู จะมีลักษณะเปียกชื้นน้อยกว่าที่ เวลา 30 นาที	- สีน้ำตาล
50	> 44 %	- ผิวหมากจะแห้ง แต่เมื่อฉีกเนื้อดู จะมีลักษณะเปียกชื้นน้อยกว่าที่ เวลา 40 นาที	- สีน้ำตาล
60	> 44 %	- ผิวหมากจะแห้ง แต่เมื่อฉีกเนื้อดู จะมีลักษณะเปียกชื้นน้อยกว่าที่ เวลา 40 นาที	- สีน้ำตาล



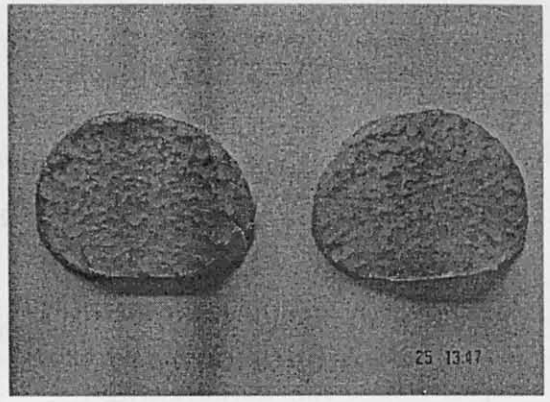
รูปที่ ก.6 การเปรียบเทียบหมากอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C การทดลองครั้งที่ 1 (แถวบน
คือ หมากที่ยังไม่ผ่านการอบแห้ง : แถวล่างด้านซ้าย ถึง เวลาที่ 60 50 40 30 และ 20 นาที
ตามลำดับ)

ตารางที่ ค.3 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C การทดลองครั้งที่ 2

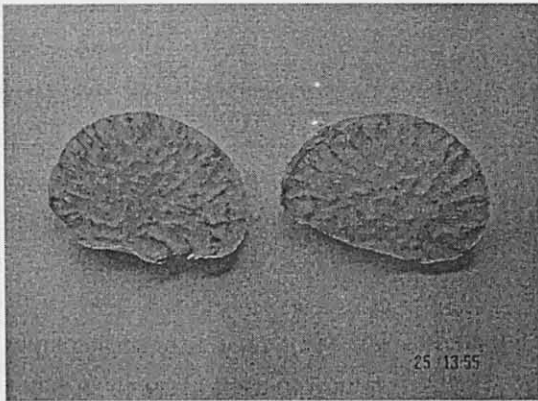
เวลาในการอบ(นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	>44%	- ผิวหมากจะชื้นเล็กน้อย - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียก - ขอบเริ่มแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน
20	>44%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียก - ขอบเริ่มแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน
30	>44%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียก - ขอบแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน
40	>44%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียก - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลอ่อน - น้ำตาลเข้มบางจุด
50	>44%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียก - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลอ่อน - สีน้ำตาลเข้มบางจุด
60	>44%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียกเล็กน้อย - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลอ่อน - สีน้ำตาลเข้มบางจุด



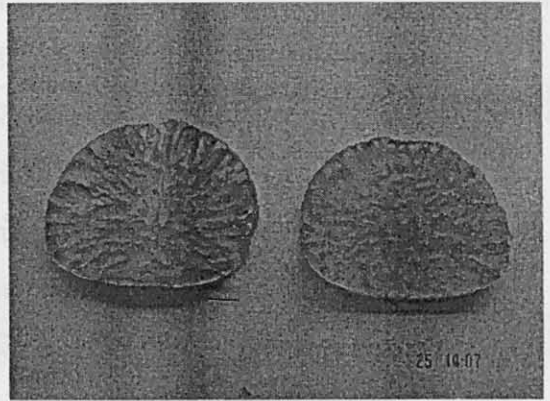
ที่เวลา 10 นาที



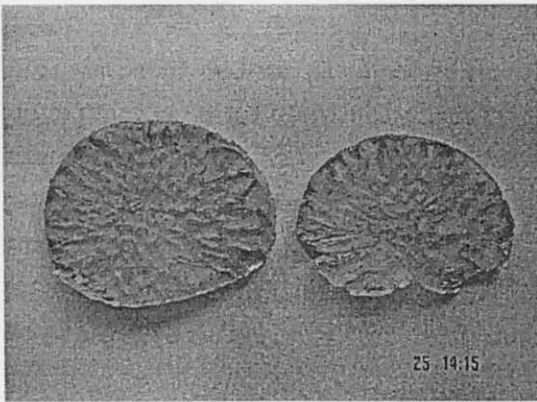
ที่เวลา 20 นาที



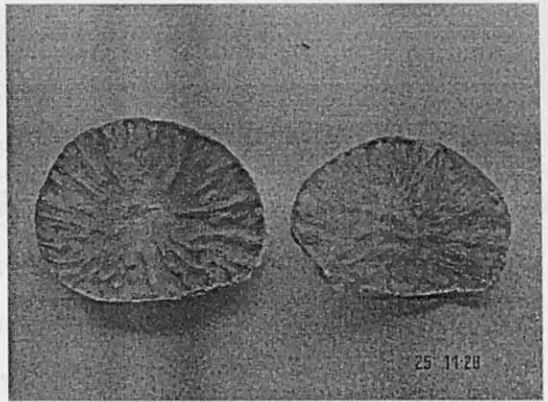
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

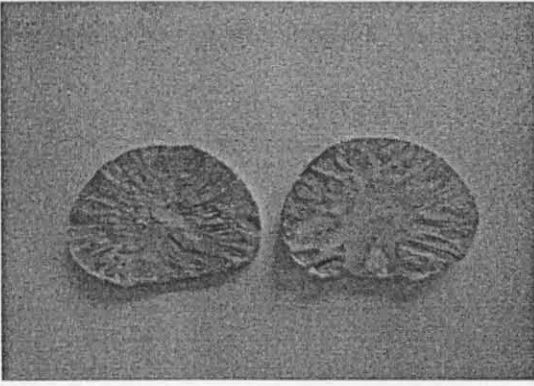
รูปที่ ค.7 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C การทดลองครั้งที่ 2

2. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบโดยใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 100 °C

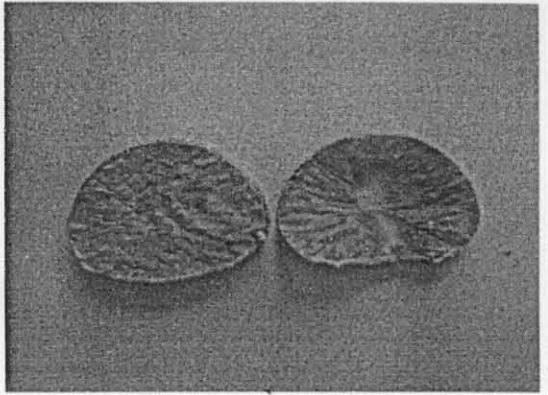
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.4 รูปที่ ค.9 และ รูปที่ ค.10 สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และ ตารางที่ ค.5 รูปที่ ค.10 สำหรับการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ ค.4 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C การทดลองครั้งที่ 1

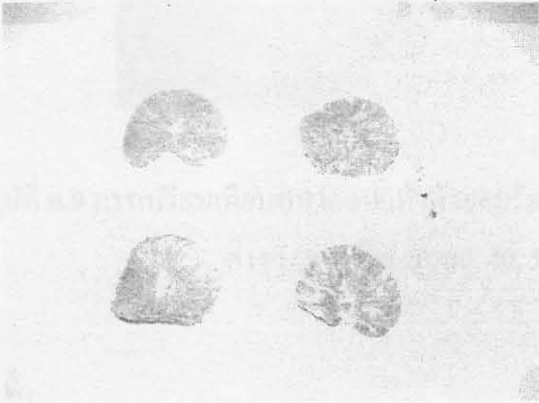
เวลาในการอบ (นาท)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	> 44%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อด้านในจะชื้น - เนื้อหมากจะยืดหยุ่นมาก	- สีน้ำตาลอ่อน
20	> 44%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อด้านในจะชื้น - เนื้อหมากจะยืดหยุ่นมาก - หมากเริ่มมีการบิดตัว	- สีน้ำตาล
30	15-17%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อด้านในจะชื้นน้อยกว่าที่ 20 นาที - เนื้อหมากจะยืดหยุ่นน้อยกว่าที่ 30 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีน้ำตาล
40	14-15%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อด้านในจะชื้นน้อยกว่าที่ 30 นาที - เนื้อหมากจะยืดหยุ่นน้อยกว่าที่ 30 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีน้ำตาล
50	10-13%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อด้านในจะชื้นน้อยกว่าที่ 40 นาที - เนื้อหมากจะเริ่มแข็ง - หมากมีการบิดตัว	- สีน้ำตาล
60	6-8%	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความยืดหยุ่นน้อย - เนื้อหมากแข็งและเปราะ - หมากมีการบิดตัว	- สีน้ำตาล



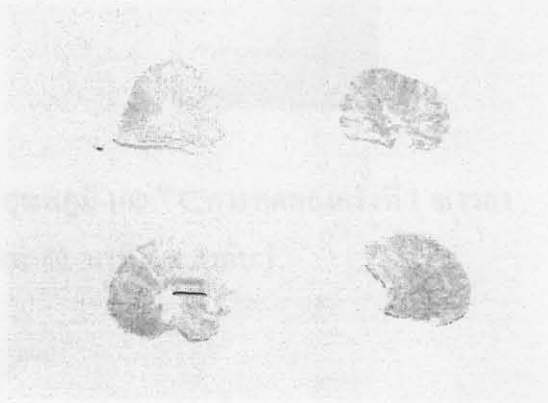
ที่เวลา 20 นาที



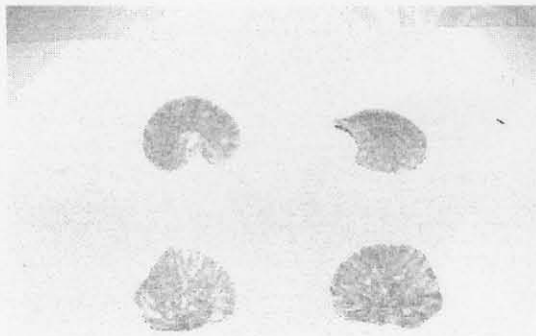
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที

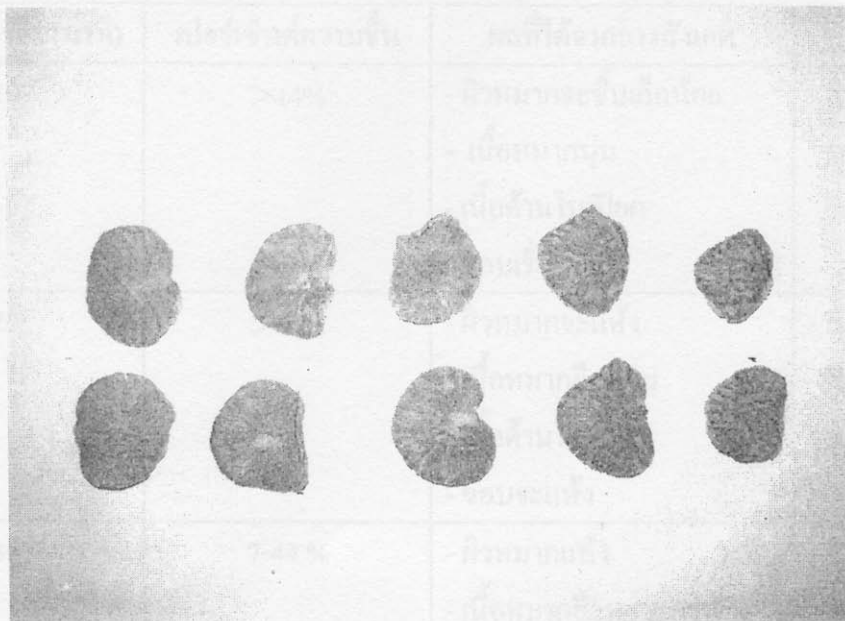


ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

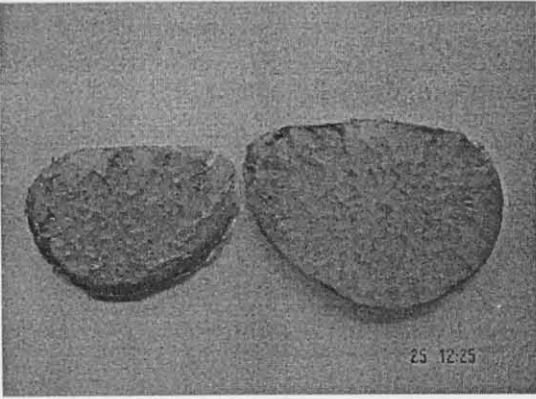
รูปที่ ก.8 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ° C การทดลองครั้งที่ 1



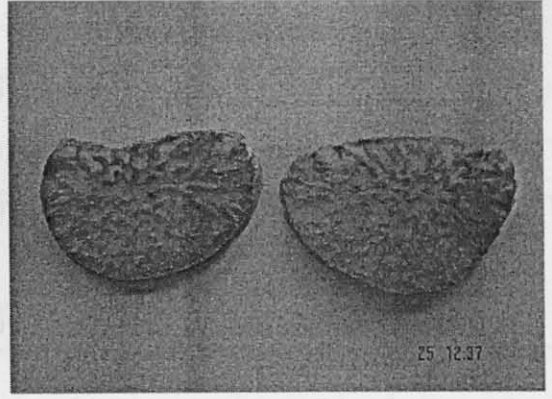
รูปที่ ก.9 การเปรียบเทียบหมากอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 100°C การทดลองครั้งที่ 1 ณ เวลา
ต่างๆ (จากซ้าย 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ตามลำดับ)

ตารางที่ ก.5 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 100°C การทดลองครั้งที่ 2

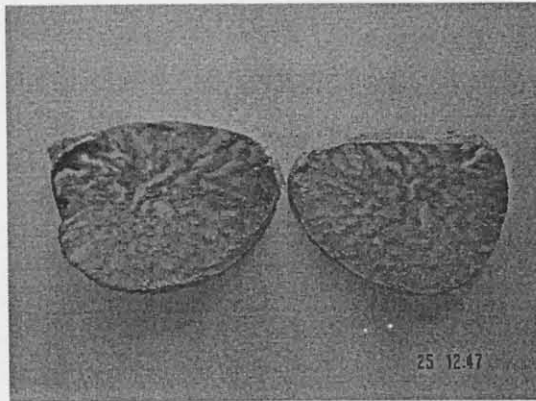
เวลาในการอบ(นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	>44%	- ผิวหมากจะชื้นเล็กน้อย - เนื้อหมากนุ่ม - เนื้อด้านในเปียก - ขอบเริ่มแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน
20	>44%	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อหมากยึดหยุ่น - เนื้อด้านในเปียก - ขอบจะแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน - สีน้ำตาลเข้มบางจุด
30	7-44 %	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากยึดหยุ่นเล็กน้อย - เนื้อด้านในแห้งบางส่วน - ขอบแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน - สีน้ำตาลเข้มบางจุด
40	6-15%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากยึดหยุ่นเล็กน้อย - เนื้อแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลอ่อน - สีน้ำตาลเข้มบางจุด
50	6-10%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากเริ่มเปราะ - เนื้อแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาล
60	<6%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากเปราะ - เนื้อแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาล



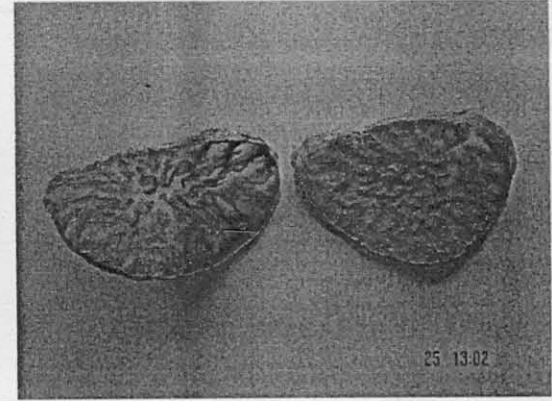
ที่เวลา 10 นาที



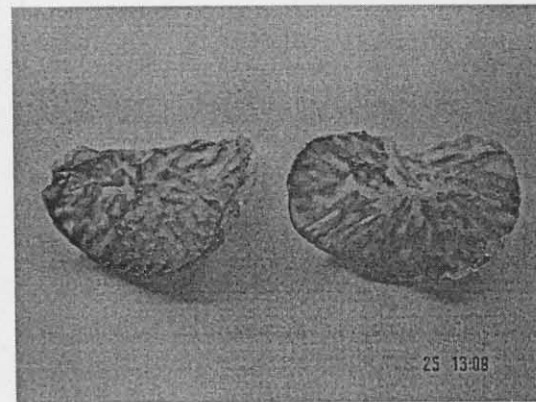
ที่เวลา 20 นาที



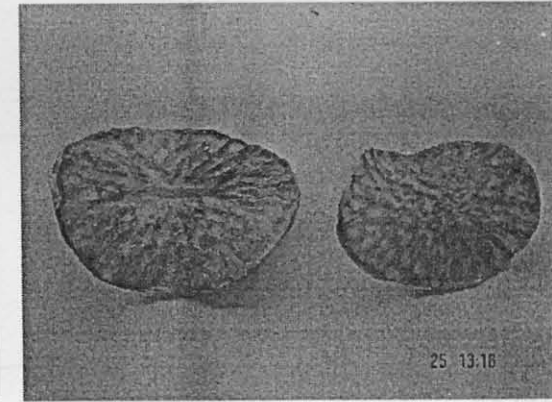
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

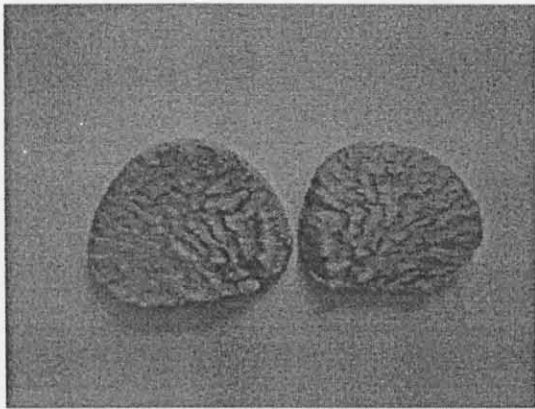
รูปที่ ค.10 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C การทดลองครั้งที่ 2

3. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบโดยใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 150 °C

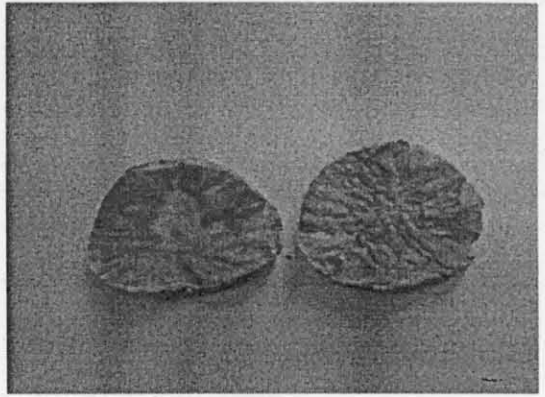
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.6 และ รูปที่ ค.11 สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และตารางที่ ค.7 และรูปที่ ค.12 สำหรับการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ ค.6 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C การทดลองครั้งที่ 1

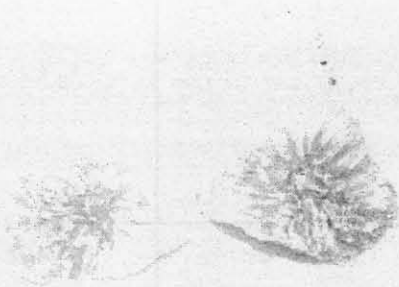
เวลาในการอบ (นาท)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	> 44 %	<ul style="list-style-type: none"> - ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อด้านในจะชื้น - ไม่มีการบิดตัว - เนื้อหมากจะยืดหยุ่นมาก 	- สีน้ำตาล
20	6-7 %	<ul style="list-style-type: none"> - ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อหมากจะยืดหยุ่นน้อย - มีความเปราะเป็นบางส่วน - หมากเริ่มมีการบิดตัว 	- สีน้ำตาลเข้ม
30	< 6 %	<ul style="list-style-type: none"> - ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะมากกว่าที่ 20 นาที - หมากมีการบิดตัว 	<ul style="list-style-type: none"> - สีน้ำตาลเข้ม - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีน้ำตาลแก่
40	< 6 %	<ul style="list-style-type: none"> - ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะมากกว่าที่ 30 นาที - หมากมีการบิดตัว 	<ul style="list-style-type: none"> - สีน้ำตาลเข้ม - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีน้ำตาลแก่
50	< 6 %	<ul style="list-style-type: none"> - ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะมากกว่าที่ 40 นาที - หมากมีการบิดตัว 	<ul style="list-style-type: none"> - สีน้ำตาลเข้ม - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีน้ำตาลแก่
60	< 6 %	<ul style="list-style-type: none"> - ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะมากเท่ากับ 50 นาที - หมากมีการบิดตัว 	<ul style="list-style-type: none"> - สีน้ำตาลเข้ม - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีน้ำตาลแก่



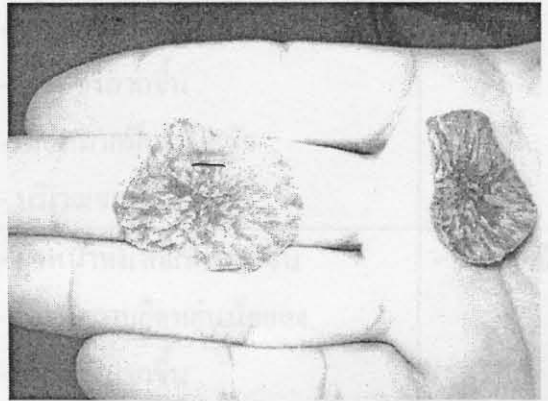
ที่เวลา 10 นาที



ที่เวลา 20 นาที



ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที

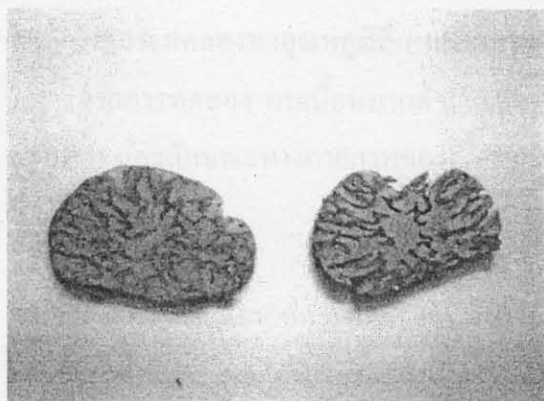


ที่เวลา 60 นาที

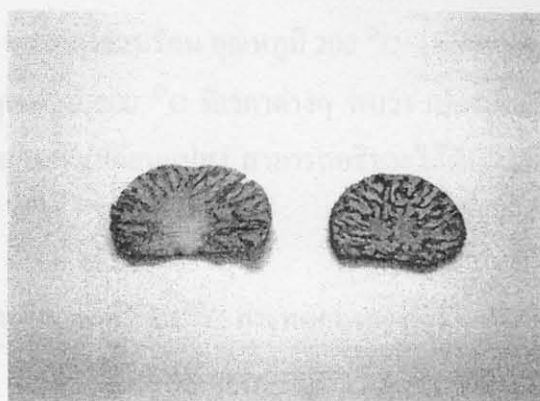
รูปที่ ค.11 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150° C การทดลองครั้งที่ 1

ตารางที่ ค.7 แสดงผลการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C การทดลองครั้งที่ 2

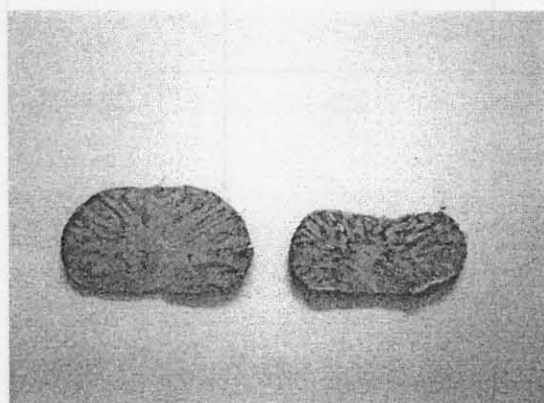
เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ลักษณะ	สี
20	35 - 44 %	- ผิวหน้าหยาบมากเริ่มแห้งแต่มี บางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่นภายในนุ่ม - เนื้อภายในนุ่ม	- น้ำตาลอ่อน
30	26 - 35 %	- ผิวหน้าหยาบมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อภายในนุ่ม - เนื้อหยาบเริ่มมีการบิดตัว - บริเวณขอบเริ่มแห้ง	- น้ำตาล
40	15 - 23 %	- ผิวหน้าหยาบมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อแข็งมากขึ้น - เนื้อหยาบมีการ <u>บิดตัว</u> - บริเวณขอบแห้ง	- น้ำตาลเข้ม
50	10 - 17 %	- ผิวหน้าหยาบมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อแข็งมากขึ้น - เนื้อหยาบมีการบิดตัวมาก - บริเวณขอบแห้ง	- น้ำตาลเข้ม
60	< 6 %	- ผิวหน้าหยาบมากแห้งมากขึ้น - เนื้อแข็งมากขึ้น - เนื้อหยาบมีการบิดตัวมาก - บริเวณขอบแห้ง	- น้ำตาลเข้ม



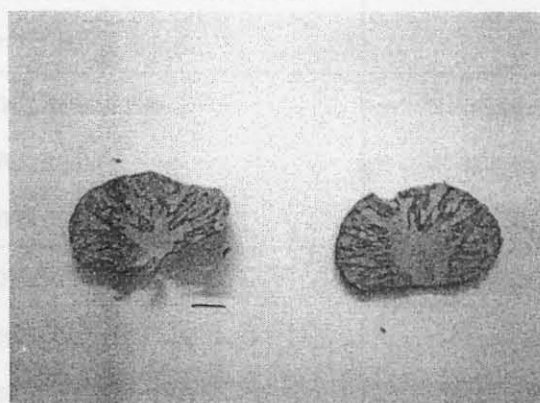
ที่เวลา 20 นาที



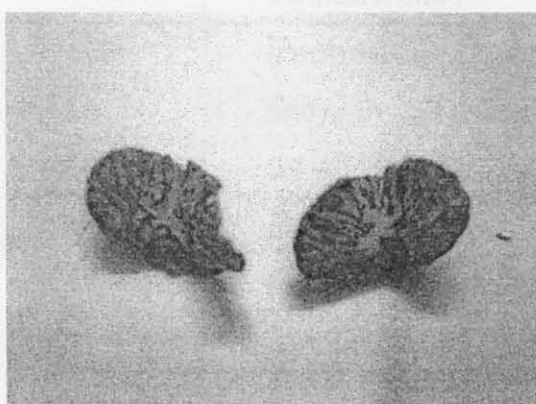
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

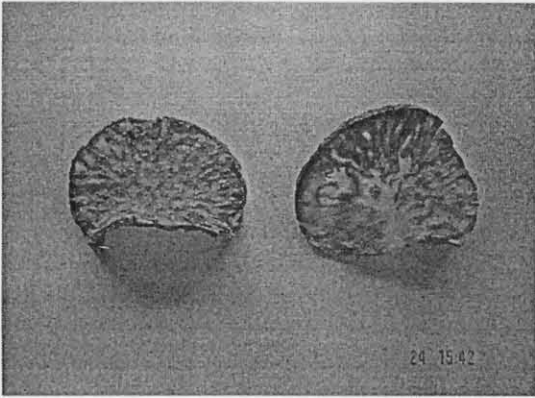
รูปที่ ค.12 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C ที่เวลาต่างๆ การทดลองครั้งที่ 2

4. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ โดยใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 200 °C

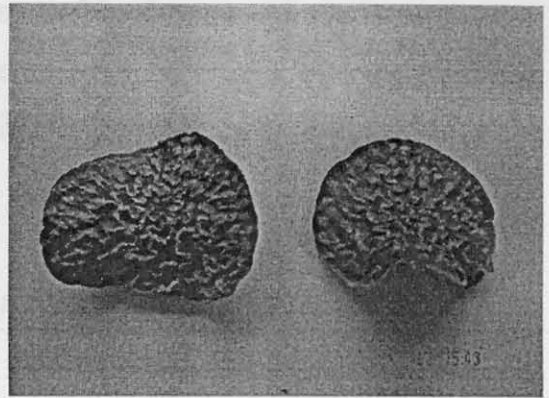
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.8 รูปที่ ค.13

ตารางที่ ค.8 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C การทดลองครั้งที่ 1

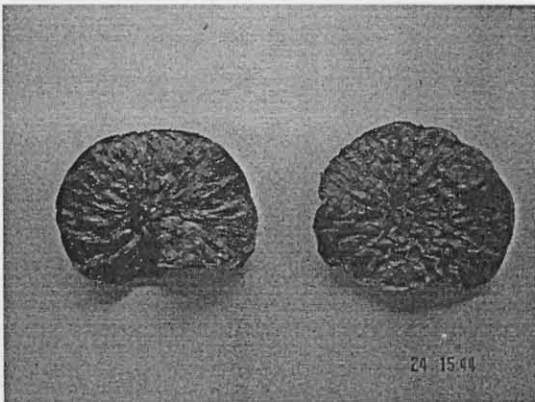
เวลาในการอบ (นาท)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	10-44 %	- ผิวหมากจะแห้ง - ที่ขอบแผ่นหมากจะแห้งกรอบ - มีการบิดตัว	- สีน้ำตาล
20	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะ - มีการบิดตัว	- สีน้ำตาลเข้ม - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีดำ
30	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะเท่ากับที่ 20 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีน้ำตาลดำ - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีดำ
40	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะเท่ากับที่ 30 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีน้ำตาลดำ - ตรงกลางเนื้อหมากมีสีดำ
50	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะเท่ากับที่ 40 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีดำ
60	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะมากเท่ากับ 50 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีดำ



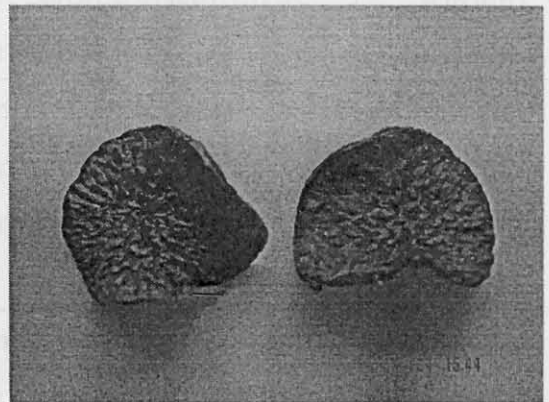
ที่เวลา 10 นาที



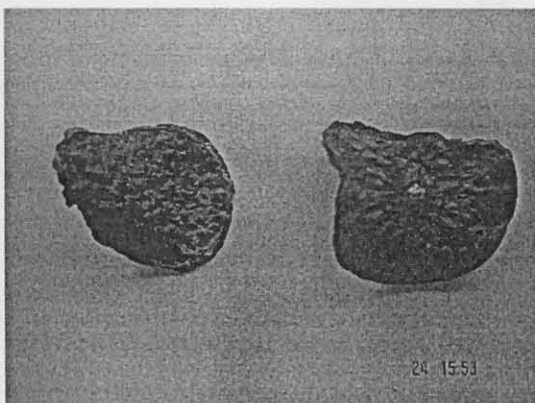
ที่เวลา 20 นาที



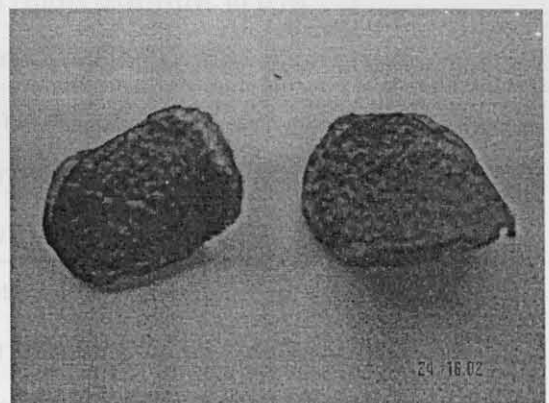
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

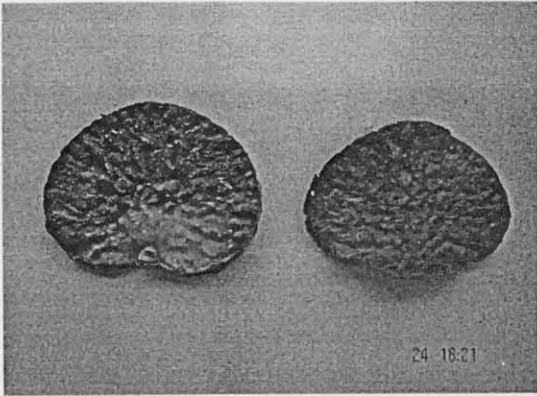
รูปที่ ค.13 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 ° C การทดลองครั้งที่ 1

5. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ โดยใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 250 °C

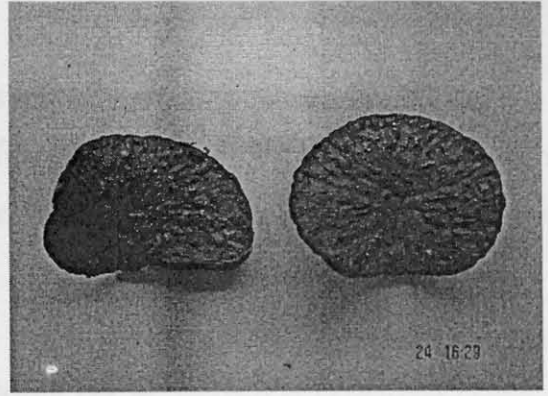
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.9 และ รูปที่ ค.14

ตารางที่ ค.9 ผลที่ได้จากการทดลองอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 250 °C

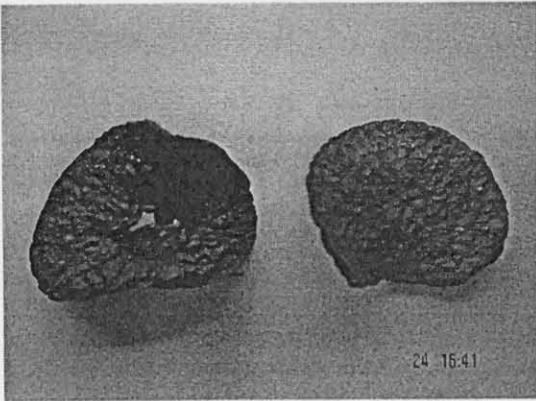
เวลาในการอบ (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	6-8 %	- ผิวหมากจะแห้ง - ที่ขอบแผ่นหมากจะแห้งกรอบ - มีการบิดตัว	- สีน้ำตาล - น้ำตาลค้ำบางส่วน
20	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะ - มีการบิดตัว	- สีน้ำตาลเล็กน้อย - สีดำเป็นส่วนมาก
30	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะเท่ากับที่ 20 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีดำ
40	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะเท่ากับที่ 30 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีดำ
50	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะเท่ากับที่ 40 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีดำ
60	< 6 %	- ผิวหมากจะแห้ง - มีความเปราะมากเท่ากับ 50 นาที - หมากมีการบิดตัว	- สีดำ



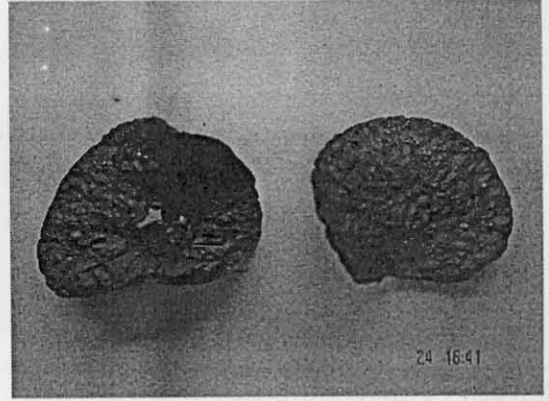
ที่เวลา 10 นาที



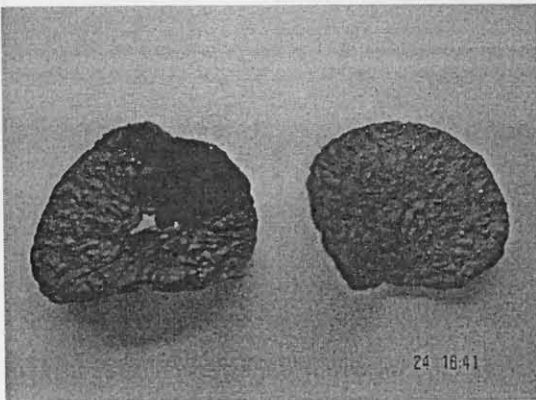
ที่เวลา 20 นาที



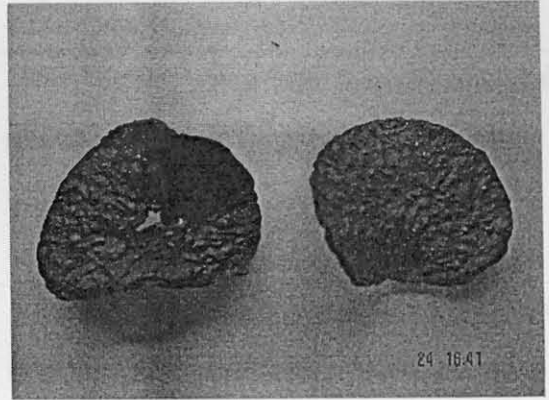
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

รูปที่ ก.14 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 250 °C

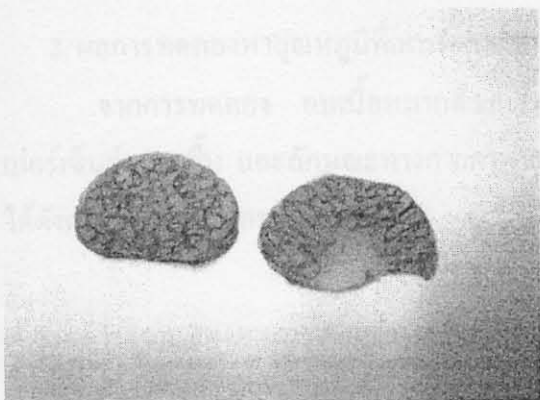
จากการทดลองอบโดยใช้อุณหภูมิต่างๆ ด้วยความร้อน (Heater) สามารถบันทึกผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบโดยใช้ความร้อน อุณหภูมิ 100 °C

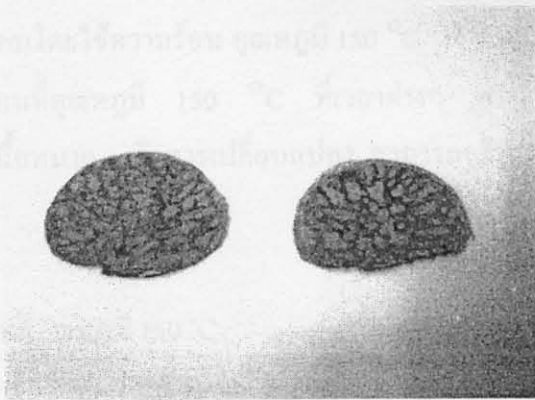
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.10 และรูปที่ ค.15

ตารางที่ ค.10 ผลการทดลองอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C

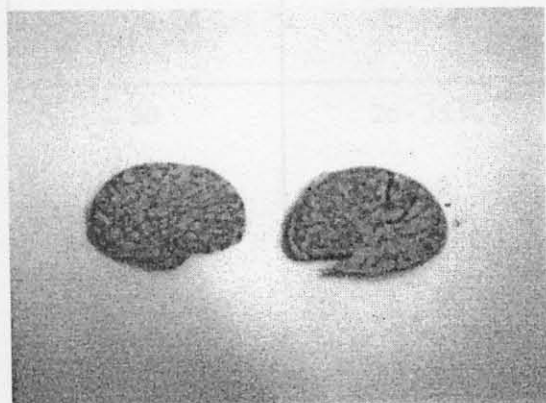
เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ลักษณะ	สี
20	> 44 %	- ผิวหน้าหมากเริ่มแห้งแต่มี บางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่น - เนื้อภายในนุ่ม	- น้ำตาลอ่อน
30	> 44 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้นแต่มี บางส่วนที่ชื้นอยู่ = - เนื้อมีความยืดหยุ่น - เนื้อภายในนุ่ม	- น้ำตาลอ่อน
40	35 – 44 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้นและเริ่ม แข็ง แต่ยังมีบางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อภายในนุ่ม	- น้ำตาลอ่อน
50	25 – 30 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้นและเริ่ม แข็ง แต่ยังมีบางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อภายในนุ่ม	- น้ำตาลเข้ม
60	17 – 20 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้นและเริ่ม แข็ง แต่ยังมีบางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อภายในนุ่ม - บริเวณขอบมีการบิดตัว	- น้ำตาลเข้ม



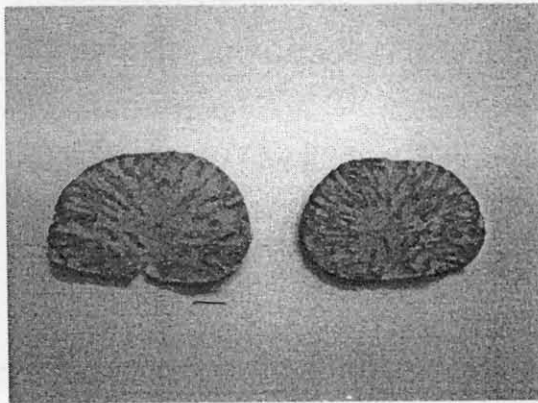
ที่เวลา 20 นาที



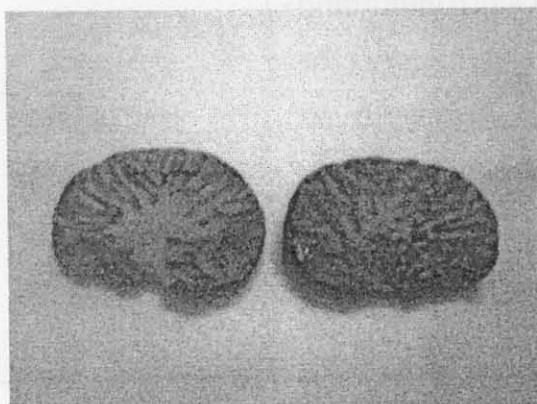
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

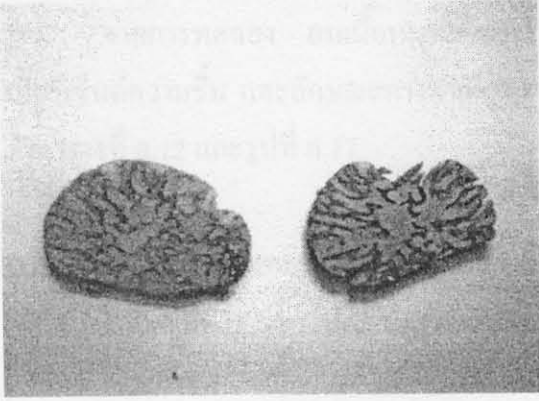
รูปที่ ค.15 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C ที่เวลาต่างๆ

2. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบโดยใช้ความร้อน อุณหภูมิ 150 °C

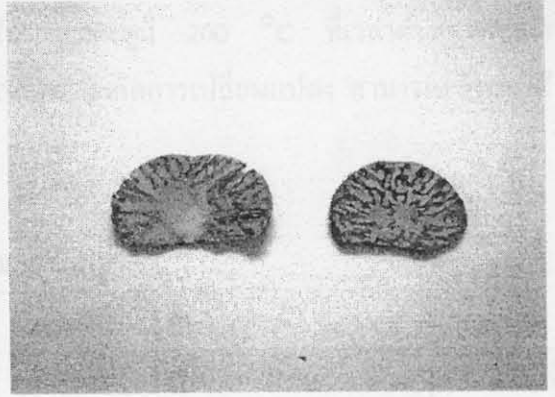
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมาก เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.11 และรูปที่ ค.16

ตารางที่ ค.11 แสดงผลการทดลองอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C

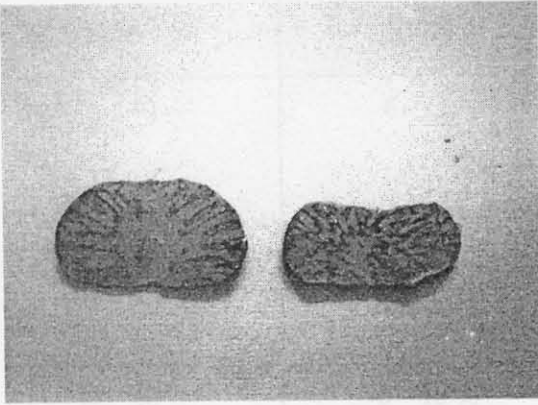
เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ลักษณะ	สี
20	35 - 44 %	- ผิวหน้าหมากเริ่มแห้งแต่มีบางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่นภายในนุ่ม - เนื้อภายในนุ่ม	- น้ำตาลอ่อน
30	26 - 35 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อภายในนุ่ม - เนื้อหมากเริ่มมีการบิดตัว - บริเวณขอบเริ่มแห้ง	- น้ำตาล
40	15 - 23 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อแข็งมากขึ้น - เนื้อหมากมีการบิดตัว - บริเวณขอบแห้ง	- น้ำตาลเข้ม
50	10 - 17 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อแข็งมากขึ้น - เนื้อหมากมีการบิดตัวมาก - บริเวณขอบแห้ง	- น้ำตาลเข้ม
60	< 6 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้น - เนื้อแข็งมากขึ้น - เนื้อหมากมีการบิดตัวมาก - บริเวณขอบแห้ง	- น้ำตาลเข้ม



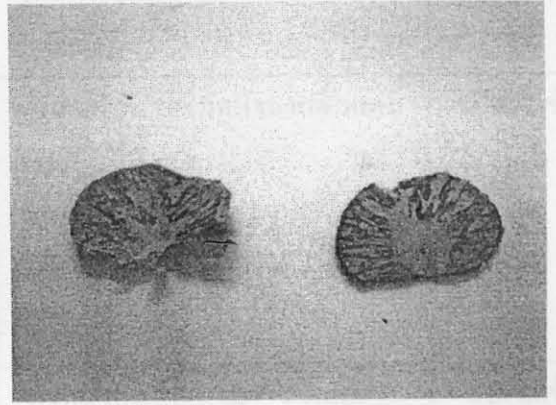
ที่เวลา 20 นาที



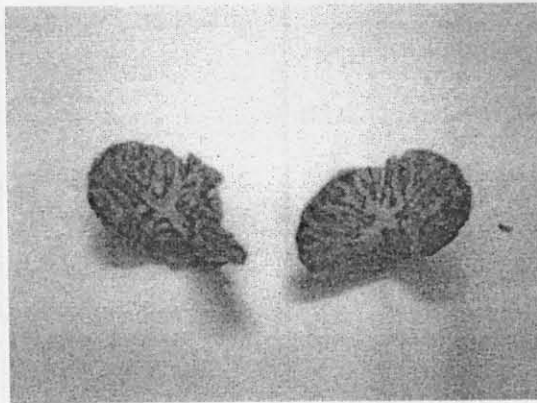
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

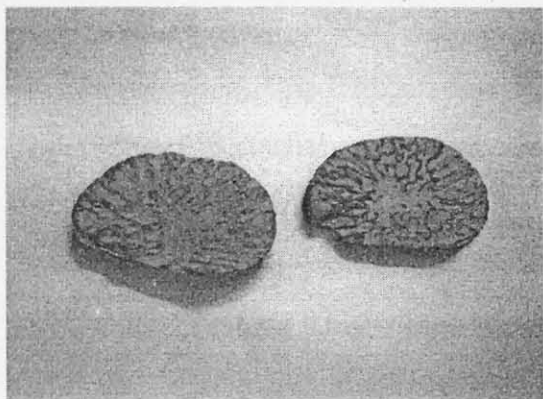
รูปที่ ก.16 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C ณ เวลาต่างๆ

3. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ โดยใช้ความร้อน อุณหภูมิ 200 °C

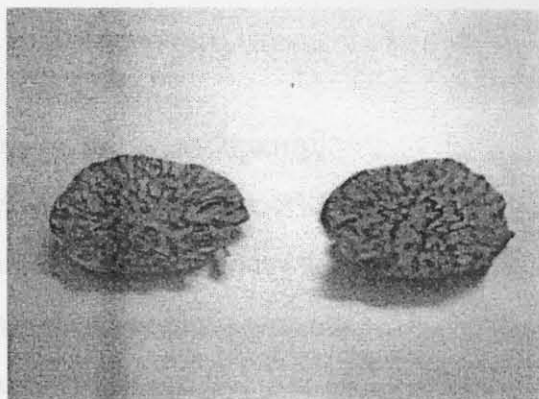
จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C ที่เวลาต่างๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมากเกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.12 และรูปที่ ค.17

ตารางที่ ค.12 ผลการทดลองอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C

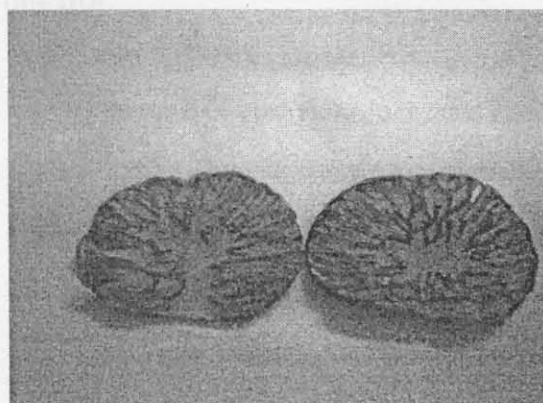
เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ลักษณะ	สี
20	30 - 35 %	- ผิวหน้าหมากเริ่มแห้งแต่มี บางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่น - เนื้อภายในนุ่ม - ขอบจะแห้ง	- น้ำตาลอ่อน
30	6 - 9 %	- ผิวหน้าหมากเริ่มแห้งมากขึ้นแต่มี บางส่วนที่ชื้นอยู่ - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - เนื้อภายในนุ่ม - ขอบแห้งและแข็ง	- น้ำตาลเข้ม
40	6 - 10 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้นแต่มี ความชื้นอยู่ตรงกลางหมาก - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - ขอบแห้งและแข็งเพิ่มขึ้น	- น้ำตาลเข้ม
50	6 - 8 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้นแต่มี ความชื้นอยู่ตรงกลางหมาก - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - ขอบแห้งและแข็งเพิ่มขึ้น - มีการบิดตัว	- น้ำตาลเข้ม
60	< 6 %	- ผิวหน้าหมากแห้งมากขึ้น - เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยลง - ขอบแห้งและแข็งเพิ่มมาก - มีการบิดตัว	- น้ำตาลเข้ม มาก



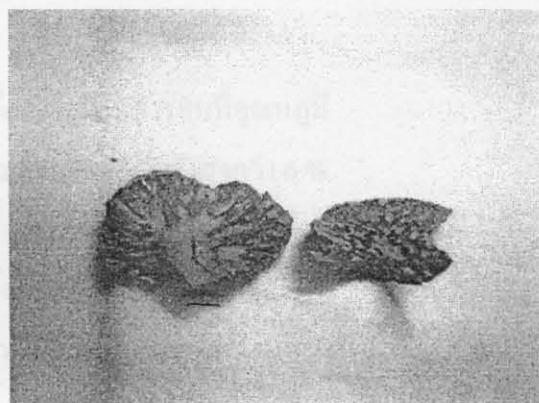
ที่เวลา 20 นาที



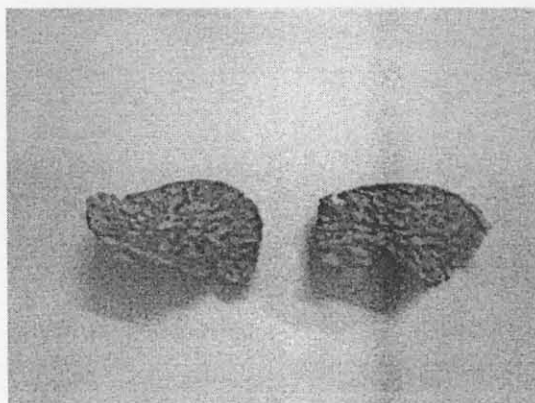
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

รูปที่ ค.17 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C ที่เวลาต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

การอบด้วยลมร้อน

จากผลที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบที่อุณหภูมิ

65 °C ที่เวลาใดๆจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากยังสูงกว่า 44%

100 °C ที่เวลาใดๆจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากยังสูงกว่า 6% แต่เข้าใกล้ 6%

150 °C ที่เวลา 30 นาทีจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากน้อยกว่า 6%

200 °C ที่เวลาใดๆจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากน้อยกว่า 6% แต่เนื้อหมากมีสีดำ

และไหม้

250 °C ที่เวลาใดๆจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากน้อยกว่า 6% แต่เนื้อหมากมีสีดำ

และไหม้

การอบโดยไม่ใช้ลมเป่า(Heater)

จากผลที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบที่อุณหภูมิ

100 °C ที่เวลาใดๆจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากยังสูงกว่า 6 %

150 °C ที่เวลา 60 นาทีจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากน้อยกว่า 6 %

200 °C ที่เวลา 60 นาทีจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหมากน้อยกว่า 6 %

ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งหมากด้วยลมร้อนอยู่ระหว่าง 100-150 °C และ

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งหมากโดยไม่ใช้ลมร้อนอยู่ระหว่าง 150 – 200 °C เป็นเวลา 60

นาที เนื่องจากการอบโดยใช้ลมร้อนใช้อุณหภูมิในการอบน้อยกว่าการอบโดยไม่ใช้ลมร้อน ดังนั้น

จึงเลือกศึกษาการอบด้วยลมร้อนในการออกแบบเครื่องอบแห้งหมาก

การทดลองที่ 3 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งหมาก

จากการทดลองที่ 2 ทำให้ทราบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งหมาก คือ 100-150 °C เพื่อเป็นการทราบค่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งหมากมากขึ้น จากแนวคิดดังกล่าวทำให้สามารถออกแบบการทดลองได้ ดังนี้

วัตถุประสงค์

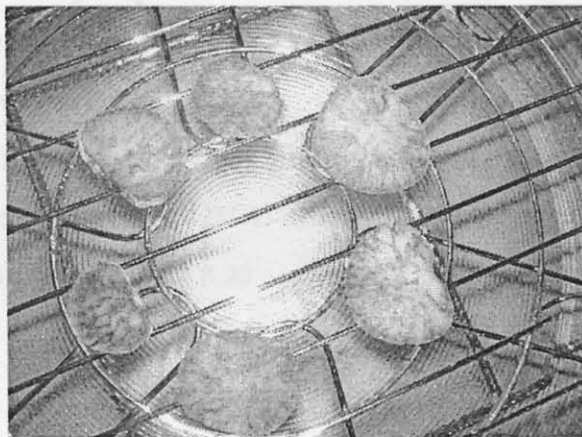
เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งหมาก

วัสดุและอุปกรณ์

1. หมากอายุ 5-6 เดือน
2. เตาอบแบบใช้ลมร้อน 1 เครื่อง
3. เครื่องมีดวัดความชื้น 1 เครื่อง
4. มีด 1 อัน
5. เขียง 1 อัน
6. กล้องถ่ายรูป 1 ตัว

วิธีการทดลอง

1. นำหมากปานกลางที่มีอายุประมาณ 5-6 เดือน มาทำการปอกเปลือกและหั่นเนื้อหมากออกเป็นแผ่นๆ ให้มีความประมาณ 1-1.5 มม. เท่ากันทุกแผ่น
2. นำหมากที่หั่นเป็นแว่นแล้วมาจัดวางในเตาอบทีละแผ่น ดังรูปที่ ค.18



รูปที่ ค.18 การจัดเรียงหมากในเครื่องอบ

3. ทำการตั้งอุณหภูมิในการอบที่เตาอบไปที่ 125 °C และ ตั้งเวลาในการอบไปที่ 60 นาที (นาฬิกาในการอบจะเดินถอยหลัง)

4. ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของหมากทุกๆ 10 นาที โดยนำหมากในเตาอบออกมา ทำการวัดความชื้น สังเกตสีที่เปลี่ยนไป ลักษณะความแข็งของเนื้อหมาก และถ่ายรูปประกอบ
5. บันทึกผลที่ได้ลงในตารางและสรุปผลการทดลอง
6. จากนั้นทำการทดลองอีกครั้ง โดยเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบเป็น 150°C เป็นเวลา 15 นาทีและลดอุณหภูมิเป็น 100°C เป็นเวลา 30 นาที
7. ทำการทดลองอีกครั้งโดยเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบเป็น 150°C เป็นเวลา 15 นาทีและลดอุณหภูมิเป็น 125°C เป็นเวลา 30 นาที
8. บันทึกผลที่ได้ในตารางการทดลองและสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. อุณหภูมิ 125°C

จากการทดลอง อบเนื้อหมากด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 125°C ที่เวลาต่างๆ ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม พบว่า เเปอร์เซ็นต์ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมากเกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.13 และรูปที่ ค.19

2. การลดอุณหภูมิจาก 150 เป็น 100°C

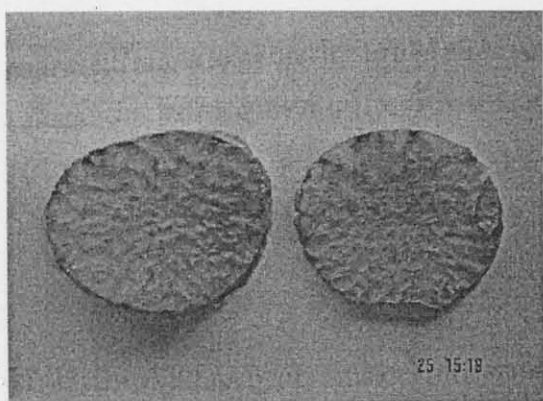
จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ เวลา และเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 15 นาที และลดอุณหภูมิเป็น 100°C เป็นเวลา 45 นาที พบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.14

3. การลดอุณหภูมิจาก 150°C เป็น 125°C

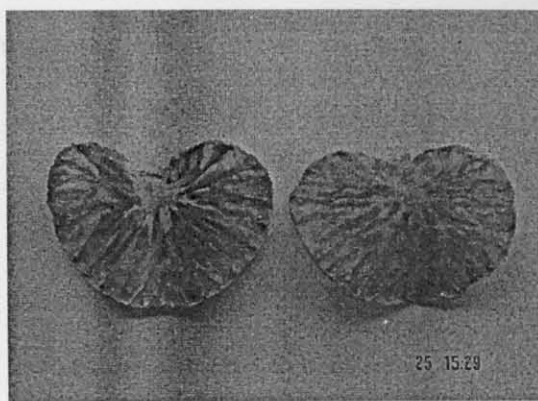
การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ เวลา และเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 15 นาที และลดอุณหภูมิเป็น 125°C เป็นเวลา 45 นาที พบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ค.15 และรูปที่ ค.20

ตารางที่ ค.13 ผลที่ได้จากการทดลองอบที่อุณหภูมิ 125°C

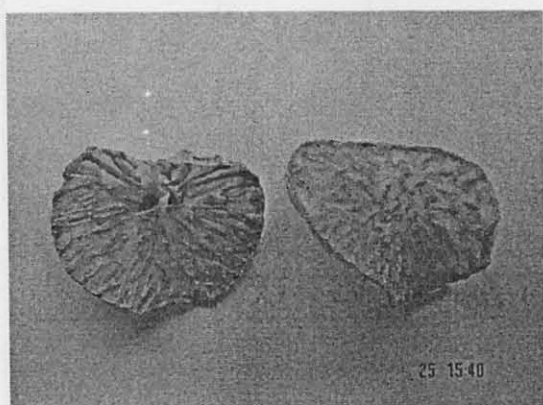
เวลาในการอบ(นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ผลที่ได้จากการสังเกต	สี
10	> 40%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากนุ่ม - ยืดหยุ่น - ขอบแห้ง	- สี น้ำตาลอ่อน
20	7-20 %	- ผิวหมากจะแห้ง - เนื้อหมากนุ่มบางส่วน - เนื้อด้านในแห้งบางส่วน - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาล
30	6-11 %	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมาก เปราะ - เนื้อด้านในแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลอ่อน - สีน้ำตาลเข้ม บางตามขอบ
40	6-7 %	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากเปราะ - เนื้อด้านในแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลเข้ม ตรงกลาง
50	6%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมากเปราะ - เนื้อด้านในแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาลเข้ม ตรงกลาง
60	< 6%	- ผิวหมากแห้ง - เนื้อหมาก เปราะ - เนื้อด้านในแห้งแข็ง - ขอบแห้งแข็ง	- สี น้ำตาล



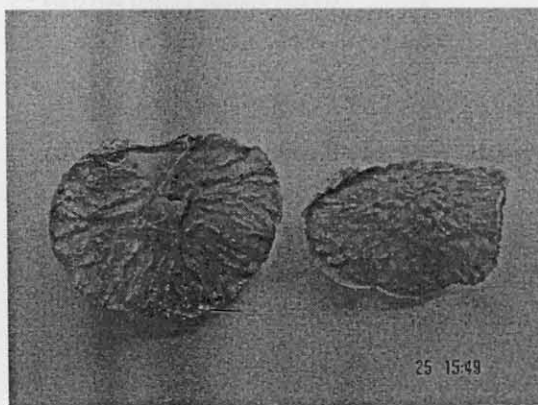
ที่เวลา 10 นาที



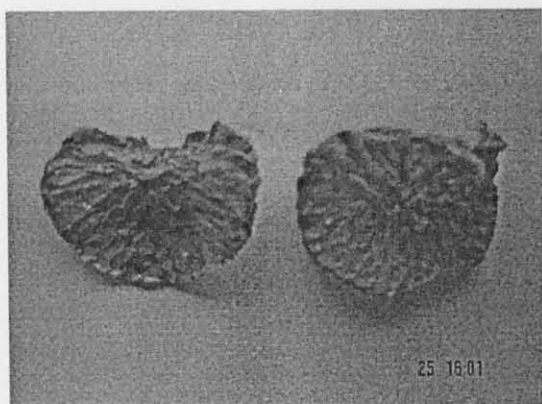
ที่เวลา 20 นาที



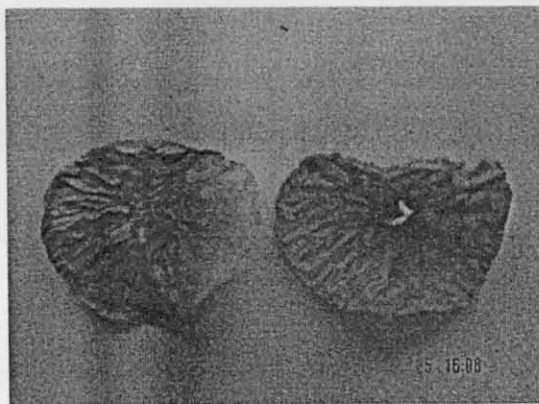
ที่เวลา 30 นาที



ที่เวลา 40 นาที



ที่เวลา 50 นาที



ที่เวลา 60 นาที

รูปที่ ค.19 เนื้อหมากที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 125 °C

ตารางที่ ค.14 ผลที่ได้จากการทดลองลดอุณหภูมิจาก 150° C เป็น 100° C

อุณหภูมิ (° C)	ที่เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ ความชื้น	ลักษณะ	สี
150	15	6 -15 %	- ผิวเนื้อหยาบแห้ง - ขอบหยาบแข็ง - เนื้อหยาบหยาบเริ่มเปราะ - มีการบิดตัว	- น้ำตาล
100	30	6 - 10 %	- ผิวเนื้อหยาบแห้ง - ขอบหยาบแข็ง - เนื้อหยาบเปราะและหยาบ เล็กน้อย - มีการบิดตัว - เนื้อหยาบแข็ง	- น้ำตาล
100	45	6 - 8 %	- ผิวเนื้อหยาบแห้ง - ขอบหยาบแข็ง - เนื้อหยาบเปราะ - มีการบิดตัว - เนื้อหยาบแข็ง	- น้ำตาล

ตารางที่ ค.15 ผลที่ได้จากการทดลองลดอุณหภูมิจาก 150 เป็น 125 °C

อุณหภูมิ (°C)	ที่เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ลักษณะ	สี
150	15	6 -15 %	- ผิวเนื้อหยาบแห้ง - ขอบหยาบแข็ง - เนื้อหยาบหยาบ เริ่มเปราะ - เริ่มมีการบิดตัว	- น้ำตาล
125	30	6 %	- ผิวเนื้อหยาบแห้ง - ขอบหยาบแข็ง - มีการบิดตัว - เนื้อหยาบแข็ง	- น้ำตาล
125	45	< 6 %	- ผิวเนื้อหยาบแห้ง - ขอบหยาบแข็ง - เนื้อหยาบเปราะ - มีการบิดตัว - เนื้อหยาบแข็ง	- น้ำตาล

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดจะพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งหยาบอยู่ระหว่าง 125-150 °C ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบ คือ อบที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 15 นาที

การทดลองที่ 4 การอบแห้งหมากในลักษณะต่างๆ

วัตถุประสงค์

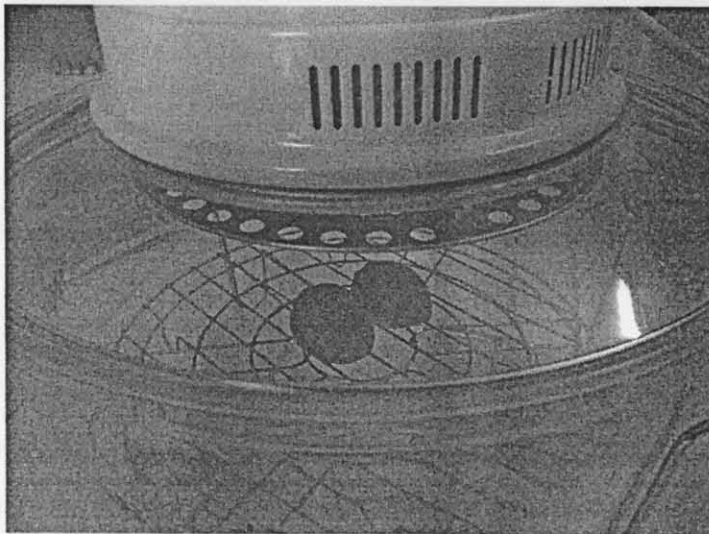
1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการอบหมากทั้ง 3 แบบ คือ อบลูกหมากทั้งเปลือก อบหมากแวน्हั่นทั้งเปลือก อบหมากแวน्हั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำมาแล้ว
2. ศึกษาความแตกต่างระหว่างการอบหมากแวน्हั่นทั้งเปลือกและหมากแวน्हั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว
3. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องอบแห้งหมาก

วัสดุและอุปกรณ์

- | | | |
|-----------------------------|----|---------|
| 1. ลูกหมากสด อายุ 6-7 เดือน | 15 | ลูก |
| 2. เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน | 1 | เครื่อง |
| 3. เครื่องหั่นหมาก | 1 | เครื่อง |
| 4. ถังน้ำที่ใส่น้ำแล้ว | 1 | ถัง |
| 5. กล้องถ่ายรูป | 1 | เครื่อง |

วิธีการทดลอง

1. นำลูกหมากสดที่เตรียมไว้ 5 ลูก มาทำการอบด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 10 นาที และทำการสังเกตผลที่ได้ทุก 5 นาที ถ่ายรูปประกอบ และบันทึกผลการทดลอง ดังรูปที่ ค.20



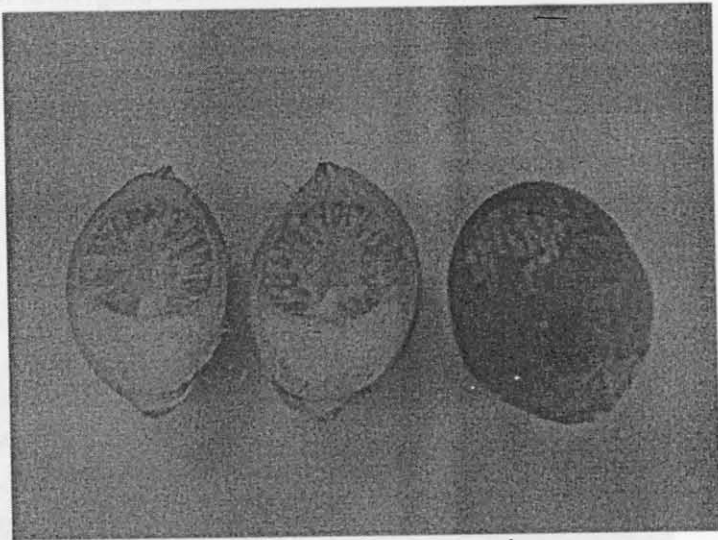
รูปที่ ค.20 การอบลูกหมากสดด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน

2. นำลูกหมากสดที่เตรียมไว้ 5 ลูก มาทำการหั่นทั้งเปลือกด้วยเครื่องหั่น จากนั้นนำหมากที่หั่นแล้วไปอบด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงเป็น 125°C เป็นเวลา 45 นาที สังเกตผลที่ได้ ถ่ายรูปประกอบ และบันทึกผลการทดลอง
3. นำลูกหมากสดที่เตรียมไว้ 5 ลูก มาทำการหั่นทั้งเปลือกด้วยเครื่องหั่น และนำไปแช่ในถังน้ำประมาณ 5 นาที
4. นำหมากขึ้นจากน้ำและทิ้งไว้ให้เสด็จน้ำ
5. นำหมากที่เตรียมไว้ไปอบด้วยเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาเดียวกันกับข้อ 1 สังเกตผลที่ได้ ถ่ายรูปประกอบ และบันทึกผลการทดลอง
6. วิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลที่ได้จากการการอบหมากทั้ง 3 แบบ และสรุปผลการทดลองผลการทดลอง

1. การอบลูกหมากทั้งเปลือก

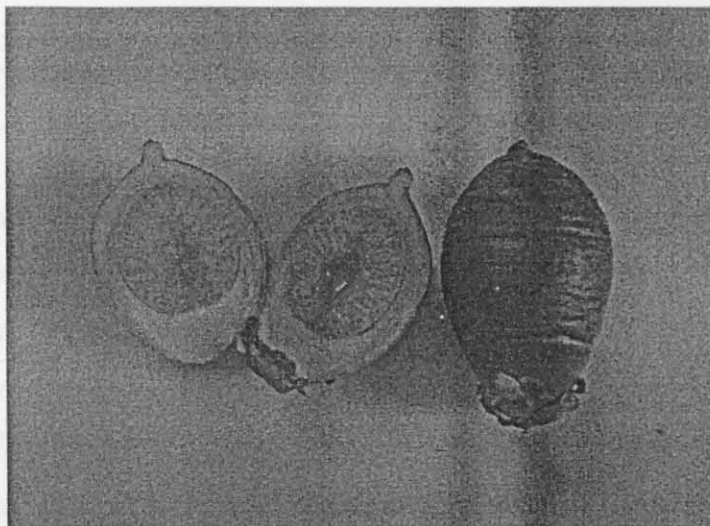
จากการทดลองอบลูกหมากสดทั้งเปลือกที่อุณหภูมิ ต่างๆ ได้ผลดังนี้

ที่อุณหภูมิ 100°C พบว่า เมื่ออบลูกหมากผ่านไป 5 นาที ลูกหมากจะเปลือกเป็นสีเขียวไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที เปลือกหมากเริ่มเป็นสีเขียวลำ และเมื่อผ่าดูเนื้อหมากด้านใน พบว่าสามารถแกะเนื้อหมากออกค่อนข้างง่าย ดังรูปที่ ก.21



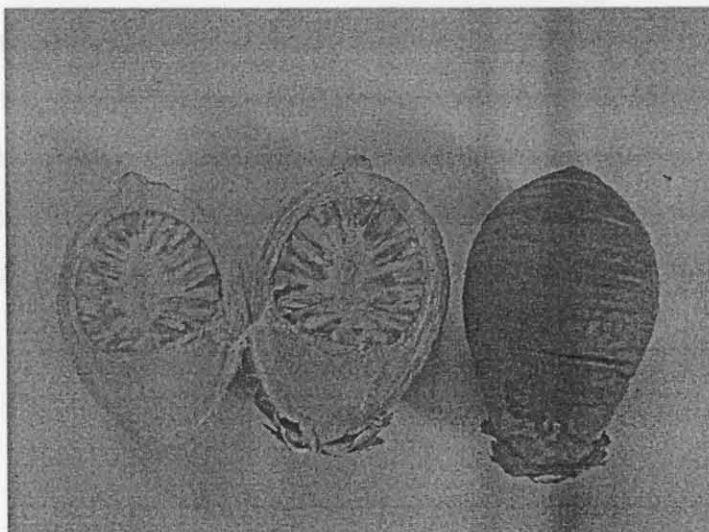
รูปที่ ก.21 ลักษณะลูกหมากที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100°C

ที่อุณหภูมิ 150°C พบว่า เมื่ออบลูกหมากผ่านไป 5 นาที ลูกหมากเริ่มมีสีคล้ำ และเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที ลูกหมากมีสีน้ำตาลเหมือนกับการอบที่อุณหภูมิ 200°C เวลา 10 นาที เปลือกภายนอกนิ่มเท่ากับที่อุณหภูมิ 200°C เวลา 10 นาที เมื่อผ่าดูเนื้อหมากด้านใน พบว่าสามารถแกะเนื้อหมากออกได้ง่าย ดังรูปที่ ก.22



รูปที่ ก.22 ลักษณะลูกหมากที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 150° C

ที่อุณหภูมิ 200° พบว่า เมื่ออบลูกหมากผ่าน ไป 5 นาที ลูกหมากเริ่มมีสีผิวเป็นสีน้ำตาล ที่หุ้ม รongผลเริ่มปริออก และเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที ลูกหมากมีสีน้ำตาล เปลือกจะนิ่ม จะมีน้ำอยู่ บริเวณเปลือกหมากขึ้น เมื่อผ่าดูเนื้อหมากด้านใน พบว่าสามารถแกะเนื้อหมากออกได้ง่าย ดังรูปที่ ก.23 สามารถสรุปผลการอบลูกหมากสดที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ ดังตารางที่ ก.16



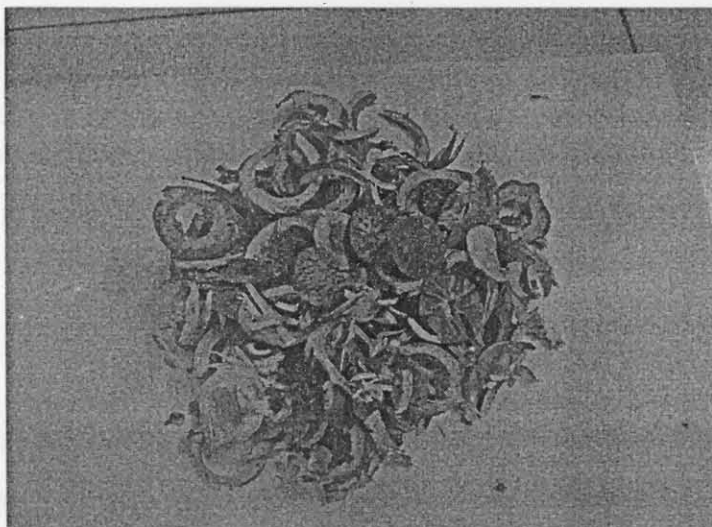
รูปที่ ก.23 ลักษณะลูกหมากที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 200° C

ตารางที่ ค.16 ผลการทดลองการอบลูกหมากทั้งเปลือก

ที่เวลา	ผลที่ได้จากการทดลอง		
	ที่อุณหภูมิ 200° C	ที่อุณหภูมิ 150° C	ที่อุณหภูมิ 100° C
5 นาที	ลูกหมากเริ่มมีสีผิวเป็นสีน้ำตาล ที่หุ้มรองผลเริ่มปริออก	หมากเริ่มมีสีคล้ำ	เปลือกเป็นสีเขียว ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
10 นาที	<ul style="list-style-type: none"> - ลูกหมากมีสีน้ำตาล - เปลือกนึ่ม - จะมีน้ำอยู่บริเวณเปลือกหมากขึ้น - เมื่อผ่าดูเนื้อหมากด้านในพบว่าสามารถแกะเนื้อหมากออกได้ง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - ลูกหมากมีสีน้ำตาล เหมือนกับการอบที่อุณหภูมิ 200° C เวลา 10 นาที - เปลือกภายนอกนึ่มเท่ากับที่อุณหภูมิ 200° C เวลา 10 นาที - เมื่อผ่าดูเนื้อหมากด้านในพบว่าสามารถแกะเนื้อหมากออกได้ง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - เปลือกเริ่มเป็นสีเขียวคล้ำ - เมื่อผ่าดูเนื้อหมากด้านใน พบว่าสามารถแกะเนื้อหมากออกค่อนข้างง่าย

2. การอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือก

จากการอบหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกด้วยเครื่องอบ พบว่า เปลือกหมากจะเกิดการบิดตัวขึ้นมากกว่าเนื้อหมาก เนื่องจากปริมาณของเปลือกหมากมากกว่าเนื้อหมากทำให้เปลือกปลังงานการอบและในกรณีที่อบปริมาณมากๆ เนื้อหมากจะแห้งไม่ทั่วถึงและแห้งไม่ทันในเวลาที่กำหนด ขาคต่อการคัดแยกระหว่างเปลือกและเนื้อออกจากกัน ดังรูปที่ ค.24



รูปที่ ก.24 ลักษณะหมากที่ผ่านการอบแห้ง

3. การอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว

จากการอบหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว พบว่า ผลที่ได้มีลักษณะ เช่นเดียวกับการอบหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกที่ยังไม่ผ่านการแช่น้ำ ดังรูปที่ ก.25



รูปที่ ก.25 ลักษณะหมากผ่านการแช่น้ำแล้วทำการอบ

จากผลการทดลองสามารถสรุปผลการอบแห้งหมากหั่นทั้งเปลือกและหมากหั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ ดังตารางที่ ก.17

ตารางที่ ก.17 ผลการอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกและการอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว

การอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือก	การอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว
- เปลือกหมากมีการบิดตัวมากกว่าเนื้อหมาก	- ลักษณะเช่นเดียวกับการอบแห้งหมากแวนที่หั่นทั้งเปลือกและไม่ได้แช่น้ำ - เวลาในการอบน้อยกว่าหมากที่ไม่แช่น้ำ

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งหมากที่เหมาะสม คือ คั่วอบเฉพาะเนื้อหมาก จะทำให้ได้ปริมาณมากเมื่อเทียบกับการอบแห้งทั้งเปลือก ซึ่งการอบแห้งทั้งเปลือกทำให้เกิดความยุ่งยากในการคัดแยกในภายหลัง เนื่องจากเปลือกมีการบิดตัวมากกว่าเนื้อ และรูปทรงของเปลือกที่บิดตัวก็ไม่แน่นอน ทำให้เกิดปัญหาในการคัดแยกต่อไป เช่น ถ้าแยกด้วยตะแกรงเปลือกจะติดและเกาะรูตะแกรง ขนาดเท่ากับเนื้อหมาก เปลือกหมากจะเปราะแตกหักได้ง่าย

การประยุกต์ใช้ผลการทดลองกับการออกแบบระบบการอบ

จากการทดลองทำให้สามารถออกแบบระบบอบแห้งหมากได้ ดังนี้ ในการคั่วอบเฉพาะเนื้อหมากอย่างเดียว จะทำให้ได้เนื้อหมากอบแห้งในปริมาณมาก